



Docket No.: P2002,1013

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313 20231.

By: \_\_\_\_\_

Date: March 2, 2004

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/723,905 Confirmation No: 1131  
Applicant : Martin Perner  
Filed : November 26, 2003  
Art Unit : 2858  
Title : Circuit and Method for Determining at Least One Voltage,  
Current and/or Power Value for an Integrated Circuit  
Docket No. : P2002,1013  
Customer No.: 24131

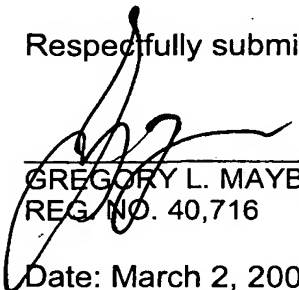
CLAIM FOR PRIORITY

Mail Stop: Missing Parts  
Hon. Commissioner for Patents,  
Alexandria, VA 22313-1450  
Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 102 55 665.2 filed November 28, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

  
\_\_\_\_\_  
GREGORY L. MAYBACK  
REG. NO. 40,716

Date: March 2, 2004

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101

/av

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 55 665.2

**Anmeldetag:** 28. November 2002

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG, München/DE

**Bezeichnung:** Schaltung und Verfahren zur Bestimmung wenigstens einer elektrischen Kenngröße einer integrierten Schaltung

**IPC:** G 01 R 31/28

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 5. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A stylized, handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trade Mark Office.

Kahle

## Beschreibung

Schaltung und Verfahren zur Bestimmung wenigstens einer elektrischen Kenngröße einer integrierten Schaltung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltung sowie ein Verfahren zur Bestimmung wenigstens einer elektrischen Kenngröße, insbesondere eines Spannungs-Strom- und/oder Leistungswerts, einer integrierten Schaltung in deren Betrieb.

10

Bei der Herstellung und Charakterisierung von neuen Halbleiterprodukten ist es im allgemeinen erforderlich, elektrische Kenngrößen der Halbleiterprodukte bzw. der enthaltenen integrierten Schaltungen zur Qualifizierung der Halbleiterprodukte zu bestimmen. In der Regel ist im Rahmen einer Produktqualifizierung beispielsweise neben der Ermittlung der Strom- und Spannungskenndaten die Bestimmung eines Gehäusewärmewiderstandes (allgemein auch als  $R_{th}$  bezeichnet) notwendig. Zur Bestimmung des Gehäusewärmewiderstandes  $R_{th}$  des Bauelementengehäuses (sogenanntes Package) wird zunächst die Temperaturdifferenz im thermischen Gleichgewicht zwischen der Siliziumtemperatur (sogenannte Junction Temperature  $T_{junc}$ ) und der Temperatur des Gehäuses ( $T_{case}$ ) ermittelt. Zusätzlich wird die Leistungsaufnahme berechnet, indem bei bekannter Versorgungsspannung der aufgenommene Strom gemessen wird. Die verbrauchte Leistung des Bauelements ergibt sich gemäß der Gleichung  $P = UI$ , und der Wärmewiderstand errechnet sich zu  $R_{th} = (T_{junc} - T_{case}) / P$ .

20

25

30 Bisher wurden Bestimmungen der Leistungsaufnahme mit externer Beschaltung bei Maximalbelastung der elektrischen Bauelemente durchgeführt. Während vergleichsweise einfache Bauelemente mit einfachen Betriebsbedingungen nicht viele Betriebsmöglichkeiten erlauben und somit einen definierten Testzustand  
35 besitzen, können digitale Bauelemente wie beispielsweise Mikrocontroller oder Halbleiterspeicher aufgrund der Vielzahl von Operationsbedingungen verschiedenartig betrieben werden.

Somit ist eine eindeutige Definition von Standard-Applikationsbedingungen schwer möglich. Eine genaue Untersuchung der Strom-, Spannungs- und Leistungsdaten in der Applikation ist oftmals aufgrund des schlechten Zugangs zu den Spannungsversorgungspfaden der integrierten Schaltung im Betrieb der Applikation nicht einfach möglich.

Werden beispielsweise mehrere Bauelemente parallel betrieben und über eine Spannungsversorgung versorgt, kann lediglich eine mittlere Leistungsaufnahme der parallel betriebenen Bauelemente im Baustein-Mittel ermittelt werden, was unter Umständen die Meßgenauigkeit bezogen auf einen typischen Baustein aufgrund von "Ausreißern" verringert. Damit ist kein Baustein-spezifisches paralleles Messen von beispielsweise Strömen mehrerer Bausteine möglich. Weiterhin ist von Nachteil, daß paralleles Messen von mehreren Komponenten im sogenannten Frontend-Modus oder auf Speichermodulen die Bestimmung der Leistungscharakterisierung je Baustein verfälscht, da die Spannung und Stromstärke nur für eine Gruppe von Bauelementen im Mittelwert bei gleichzeitigem Betrieb bestimmt werden kann. Dagegen erlauben aufwendige Einzelmessungen keine statistischen Aussagen über eine größere Menge von Bausteinen. Damit verbunden ist eine aufwendige Kalibrierung eines Meßgeräts und/oder mühsame Herstellung von Meßplatinen und Aufbau des Meßplatzes.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Schaltung zur Bestimmung einer elektrischen Kenngröße einer integrierten Schaltung bereitzustellen, das bzw. die ermöglicht, daß genaue Werte bezüglich eines Betriebs der integrierten Schaltung in der Applikation mit vergleichsweise geringem Aufwand gewonnen werden können.

Diese Aufgabe wird durch eine Schaltung zur Bestimmung wenigstens einer elektrischen Kenngröße einer integrierten Schaltung gemäß Patentanspruch 1 und durch ein Verfahren zur Be-

stimmung wenigstens einer elektrischen Kenngröße einer integrierten Schaltung gemäß Patentanspruch 6 gelöst.

Die Erfindung geht von einer integrierten Schaltung aus, die zur Erzeugung einer internen Spannungsversorgung eine Spannungsgeneratorschaltung aufweist. Zur Bestimmung einer elektrischen Kenngröße wird ein Referenzsignal herangezogen, das zur Erzeugung einer Ausgangsspannung der Spannungsgeneratorschaltung dient, wobei mehrere nacheinander erzeugte Zustände des Referenzsignals erfaßt, gezählt und deren Anzahl gespeichert werden. Weiterhin wird eine Zeitdauer erfaßt, innerhalb deren die Zustände des Referenzsignals erfaßt werden. Entsprechend weist die erfindungsgemäße Schaltung eine erste Erfassungseinheit zur Erfassung und Zählung von mehreren nacheinander erzeugten Zuständen des Referenzsignals sowie eine zweite Erfassungseinheit zur Erfassung eines Zeitreferenzsignals auf. Anhand der Anzahl der nacheinander erfaßten Zustände des Referenzsignals und anhand der Zeitdauer wird die wenigstens eine elektrische Kenngröße, insbesondere ein Spannungs-, Strom- und/oder Leistungswert der integrierten Schaltung, berechnet. Hierzu ist eine mit den Erfassungseinheiten verbundene Ausgabeschaltung zur Ausgabe eines Zählwerts von Signalzuständen des Referenzsignals und des Zeitreferenzsignals zum Zwecke der Bestimmung der elektrischen Kenngröße vorgesehen.

Die Erfindung bedient sich dabei der Erkenntnis, daß Schwankungen im Leistungsverbrauch der integrierten Schaltung sich in einer Veränderung des Referenzsignals der Spannungsgeneratorschaltung der integrierten Schaltung widerspiegeln. Solche Schwankungen können erfaßt werden, indem mehrere nacheinander erzeugte Zustände des Referenzsignals, das zur Erzeugung der Ausgangsspannung der Spannungsgeneratorschaltung dient, innerhalb eines bestimmten Zeitraums erfaßt und gezählt werden. Gleichzeitig wird eine Zeitdauer der Messung durch Erfassung eines Zeitreferenzsignals festgehalten, so daß anhand des Zählwerts der Signalzustände des Referenzsignals und des

Zeitreferenzsignals eine elektrische Kenngröße bestimmt werden kann. Damit wird eine Meßschaltung bereitgestellt, die in die integrierte Schaltung implementiert werden kann, so daß genaue Werte bezüglich eines Betriebs der integrierten Schaltung in einer Applikation gewonnen werden können. Hierbei können die zu bestimmenden elektrischen Parameter während des Betriebs der integrierten Schaltung in der Applikation gleichzeitig und bausteinindividuell bestimmt werden. Die zu bestimmenden Meßgrößen können ohne zusätzlichen meßbedingten Zeit- und Leistungsverlust ermittelt werden und fallen bereits bei der Spannungsstabilisierung an. Weiterhin erlaubt die Erfindung, daß charakteristische elektrische Parameter wie Strom- oder Leistungsverbrauch während des Betriebs der integrierten Schaltung in der Applikation "extrahiert" werden können.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird von einer integrierten Schaltung ausgegangen, die eine Spannungspumpenschaltung als Spannungsgeneratorschaltung aufweist. Die Spannungspumpenschaltung sorgt dafür, daß eine intern erzeugte Spannung der integrierten Schaltung auf konstantem Niveau gehalten wird. Dabei werden Pufferkondensatoren der internen Generatoren der Spannungspumpenschaltung in regelmäßigen Ladezyklen aufgeladen. Hierbei spiegelt sich ein erhöhter Leistungsverbrauch der integrierten Schaltung in der Rate der benötigten Ladungspulse zur Stabilisierung der internen Spannungsversorgung wider. Die Ladungspulsrate der Spannungspumpenschaltung ist demnach bei gegebener externer Spannungsversorgung ein Maß für den Leistungsverbrauch bzw. Stromverbrauch der an der Spannungspumpenschaltung angeschlossenen Verbraucher der integrierten Schaltung bei stabilisierter interner Spannungsversorgung.

Gemäß der Erfindung wird die Anzahl der Ladungspulse pro Zeiteinheit zur Spannungs-, Strom- und Leistungsmessung verwendet. Entsprechend werden gemäß der Erfindung mehrere nacheinander erzeugte Zustände eines Steuersignals zur Erzeugung

von Ladungspulsen der Spannungspumpenschaltung erfaßt und gezählt. Deren Anzahl, die der Anzahl von erzeugten Ladungspulsen entspricht, wird gespeichert.

- 5 Weitere vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der in der Zeichnung dargestellten Figuren näher erläutert. Es zeigen:

10

Figur 1 eine Prinzipskizze zur externen Leistungsmessung einer integrierten Schaltung und beispielhafte Strom- und Spannungsverläufe,

15 Figur 2 eine schematische Darstellung einer Spannungsgeneratorschaltung,

Figur 3 eine Spannungspumpenschaltung bekannter Art,

20 Figur 4 prinzipielle Signalverläufe einer Spannungspumpenschaltung zur Spannungsregelung mit Ladungspulsen,

Figur 5 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schaltung zur Bestimmung einer elektrischen Kenngröße einer integrierten Schaltung,

25

Figur 6 ein Flußdiagramm zur Eichung der Schaltung gemäß Figur 5 in einem Referenz-Betriebsmodus,

30 Figur 7 ein Flußdiagramm zur Bestimmung einer externen Spannung einer integrierten Schaltung mittels der Schaltung nach Figur 5,

Figur 8 ein Flußdiagramm zur Bestimmung einer aufgenommenen Leistung einer integrierten Schaltung mittels der Schaltung nach Figur 5,

35

Figur 9 ein Flußdiagramm zur Bestimmung eines aufgenommenen Stroms einer integrierten Schaltung.

In Figur 1 sind eine Prinzipskizze zur externen Leistungsmes-  
5 sung einer integrierten Schaltung sowie beispielhafte Strom-  
und Spannungsverläufe gezeigt. Eine integrierte Schaltung 1  
in Form eines Halbleiterspeicherchips ist mit einem Massean-  
schluß GND verbunden. Die Leistungsaufnahme der integrierten  
Schaltung 1 wird mit Hilfe einer externen Beschaltung von An-  
10 schlußpins des Chips bestimmt. Dabei werden zwei maßgebliche  
getrennte Strompfade der integrierten Schaltung 1 an Spannun-  
gen VDD bzw. VDDQ gelegt, wobei der jeweils aufgenommene  
Strom  $I_{DD}$  bzw.  $I_{DDQ}$  gemessen wird. Dabei verändern sich die  
Ströme, je nach dem ob sich die integrierte Schaltung 1 in  
15 einem Lesezyklus RD oder in einem Schreibzyklus WR befindet.  
Aus diesen Werten werden ein Strommittelwert  $\bar{I}$  und analog  
ein Spannungsmittelwert  $\bar{V}$  ermittelt. Während eine ver-  
gleichsweise einfache integrierte Schaltung 1 mit einfachen  
Betriebsbedingungen nicht viele Betriebsmöglichkeiten erlaubt  
20 und somit einen definierten Testzustand besitzt, kann eine  
demgegenüber komplexere integrierte Schaltung 1 beispielswei-  
se in Form eines Mikrocontrollers oder Halbleiterspeichers  
aufgrund der Vielzahl von Operationsbedingungen verschieden-  
artig betrieben werden. Somit ist oft eine eindeutige Defini-  
25 tion von Standard-Applikationsbedingungen schwer möglich.

In Figur 2 ist eine schematische Darstellung einer Spannungs-  
generatorschaltung gezeigt, die in einer integrierten Schal-  
tung zur Generierung einer internen Spannungsversorgung im-  
30 plementiert ist. Die Spannungsgeneratorschaltung 2 ist dabei  
an einer externen Spannung  $U_{ext}$  angeschlossen und wird über  
ein Steuersignal  $U_{st}$  gesteuert. Die Spannungsgeneratorschal-  
tung 2 liefert eine Ausgangsspannung  $V_{int}$  als interne Versor-  
gungsspannung der integrierten Schaltung 1 sowie eine interne  
35 Referenzspannung  $V_{ref}$ . Weiterhin wird ein interner Referenz-  
strom  $I_{ref}$  zur Verfügung gestellt.



Insbesondere bei komplexen integrierten Halbleiterbauelementen wird üblicherweise eine externe Spannung in eine definierte interne Spannung umtransformiert. Das Glätten der externen Spannungsfluktuationen und ein Anpassen der fluktuierenden externen Betriebsbedingungen an die internen garantierten Betriebszielwerte stabilisieren die integrierte Schaltung. Ausgehend von einer Referenzspannung, die durch die Materialeigenschaft des Siliziums bestimmt wird (sogenannte Bandgap-Referenz-Spannung), wird für jeden in dem Generator-Netzwerk verfügbaren Spannungsregulator eine für den Einsatzzweck entsprechende definierte Zielspannung generiert.

Es kommen im wesentlichen zwei Typen integrierter Spannungsregulatoren zur Anwendung, die eine extern variierende Spannung auf eine zweite interne Spannung aufbauen und gleichzeitig glätten. Diese zwei Typen werden durch Spannungspumpe und Linearregler repräsentiert. Vorteil dieser Schaltungen ist, daß diese ohne Regelspulen aufgebaut werden können und somit für die Integration in Halbleiterschaltungen interessant sind. Der Linearregler regelt jede externe Spannung auf eine geringere interne Spannung. Der minimale Spannungsunterschied zwischen dem externen Wert und dem Regelzielwert darf nicht unterschritten werden, da ansonsten die Regelung zusammenbricht. Die Spannungspumpe regelt demgegenüber jede externe Spannung auf eine interne erhöhte Spannung.

In Figur 3 ist eine beispielhafte Spannungspumpenschaltung 2 bekannter Art dargestellt. Eine ständig oszillierende Umladung von Kondensatoren versorgt einen spannungsstabilisierenden Stützkondensator C2 mit Ladungspulsen aus einem Transferkondensator C1. An dem Stützkondensator C2 wird die Zielspannung  $V_{int}$  für den Verbraucher RL abgegriffen. Als Steuersignal zur Erzeugung der Ladungspulse dient das Steuersignal  $U_{st}$ . Durch dessen Variieren ist es ermöglicht, auf unterschiedliche externe Spannungen  $U_{0,ext}$  und  $U_{2,ext}$  bei gleichbleibender interner Versorgungsspannung  $V_{int}$  zu reagieren.

Von beiden Arten von Spannungsgeneratoren ist eine Vielzahl von Variationen denkbar, um bestimmte Teilungsverhältnisse oder Zielspannungen in Abhängigkeit von einer Referenzspannung zu generieren. Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung anhand einer Spannungspumpenschaltung als Spannungsgeneratorschaltung ausgeführt, deren Funktionsweise hervorragend geeignet ist, um digitale Strom-, Spannungs- und Leistungsmessungen der von der Spannungsgeneratorschaltung versorgten integrierten Schaltung vorzunehmen.

Das im folgenden beschriebene Ausführungsbeispiel ist jedoch analog auch auf eine Spannungsgeneratorschaltung in Form eines Linearreglers übertragbar, wobei auch hier ein entsprechendes Referenzsignal zur Erzeugung einer Ausgangsspannung des Linearreglers herangezogen wird (typische Linearregler sind etwa aus Hering, Bressler, Gutekunst: "Elektronik für Ingenieure", Springer-Verlag, 4. Auflage, 2001, Seiten 618 bis 626 entnehmbar).

In Figur 4 sind prinzipielle Signalverläufe einer Spannungspumpenschaltung zur Spannungsregelung mit Ladungspulsen gezeigt. Hierbei arbeitet die beispielhafte Spannungspumpenschaltung nach einem Pulsfrequenz-Modulationsprinzip. Hierbei wird gemäß einer Spannungspumpenschaltung nach Figur 3 ein Steuersignal  $U_{st}$  mit fester Impulsdauer (Ladepulsdauer)  $T$  erzeugt, wenn die zu regelnde Spannung  $V_{int}$  unter einen tolerierbaren Schwellwert gesunken ist. In Figur 4a ist eine Ladepulsfolge und ein korrespondierender Spannungsverlauf der Spannung  $V_{int}$  bei konstanter Leistung  $P$  gezeigt. In Figur 4b sind Verläufe gezeigt, die einen Einschaltbetrieb und einen eingeschwungenen Betrieb der integrierten Schaltung kennzeichnen. Das Maß, nach dem die Regelspannung unter den minimalen Schwellwert fällt, ist von dem Leistungsverbrauch der integrierten Schaltung abhängig. Dies ist beispielhaft in Figur 4c dargestellt, in der ein Leistungsverlauf der Leistung  $P$  sowie eine korrespondierende Ladepulsfolge über die Zeit  $t$  gezeigt sind. Hierbei ist die Ladepulsrate von dem Leistungsverbrauch abhängig. Je nach aufgenommenener Leistung  $P$  variie-

ren die Zeiten  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  zwischen den Ladungspulsen, die Pulsdauer  $T$  bleibt hingegen konstant.

Somit ist die Frequenz der Ladungspulse als direktes Maß für die digitale Darstellung des Leistungsverbrauchs geeignet.

Bezüglich der Eigenschaften der Spannungspumpenschaltung wird demnach gefordert, daß in jedem Ladungszyklus im ausgeregelten Gleichgewicht die Ladungsmenge des Umladekondensators  $C_1$  die Ausgangsspannung am Kondensator  $C_2$  von einem definierten Wert in einen definierten Endwert steuert. Der Spannungshub und der Zeitpunkt der Ladungspulsgeneration wird durch aktive Rückkopplung bestimmt, die von der Sollwert-Zu-Istwert-Abweichung des zu regelnden Generator-Niveaus abhängt. Man geht bei den bisher gemachten Überlegungen davon aus, daß die zu regelnde Generatorspannung nur um wenige Prozent abweicht. Da die von dem Regelmechanismus transferierte Ladungsmenge von der Eingangsspannung und Ausgangsspannung abhängt, ist in geregeltem Zustand der Ladungstransfer ( $Q_0$ ) näherungsweise konstant. In Figur 4b sind beispielhafte Spannungsverläufe der internen Versorgungsspannung  $V_{int}$ , insbesondere erzeugter Ladepuls, Entladeleistung und resultierender effektiver Ladepuls gezeigt.

Nach der Stabilisierung der Generatorsysteme nach dem Einschwingvorgang des Einschaltbetriebs (sogenannter Power-up) ist der Leistungsverbrauch in erster Näherung direkt proportional zur Ladungspumpfrequenz bei konstanter externer Spannung. Wird die externe Spannung beispielsweise um zehn Prozent erhöht oder erniedrigt, erniedrigt sich bzw. erhöht sich die Ladungspulsfrequenz entsprechend, da die externe Spannung die Aufladung des Pumpkondensators bestimmt. Bei erhöhter externer Spannung aber gleicher Last sind somit weniger, bei geringerer externer Spannung und gleicher Last mehr Ladungspulse notwendig. Die Ladungspulsfrequenz ist nach dem Einschwingvorgang in erster Näherung umgekehrt proportional zur angelegten externen Spannung bei konstantem Leistungsver-

brauch. Die Anzahl der Ladungspulse steht mit einer Referenzleistung  $P_0$  in Zusammenhang über:

$$P_0 = \frac{N_0}{t_0} \cdot k = \frac{N_0}{t_0} (U_{0,\text{ext}} \cdot Q_0) \quad (1)$$

5

Hierbei ist  $N_0$  die Anzahl Ladungspulse mit einer mittleren Ladungsmenge  $Q_0$ , die in der Referenzzeit  $t_0$  bei angelegter externer Spannung  $U_{0,\text{ext}}$  für die Spannungsstabilisierung beispielsweise im Stand-by-Modus als Referenz-Betriebsmodus bei einer angelegten Last mit der Leistung  $P_0$  im spannungsgeregelten Zustand notwendig wäre.

10

Zur Bestimmung der tatsächlich verbrauchten Leistung bei einer definierten Betriebsbedingung wird der zusätzliche Parameter  $N_1$  ermittelt, um auf die Leistung von 1 Watt zu normieren.  $N_1$  wird ausgehend von  $N_0$  um den Faktor  $1W/P_0$  vergrößert und es gilt:

15

$$P_1 = 1W = \frac{N_1}{t_0} \cdot k = \frac{N_1}{t_0} (U_{0,\text{ext}} \cdot Q_0) = \frac{N_0 \cdot 1W}{P_0} \cdot \frac{1}{t_0} (U_{0,\text{ext}} \cdot Q_0) \quad (2)$$

20

Ist der Leistungsverbrauch  $P_0$  bei bekanntem Betriebsmodus bekannt (Referenz-Betriebsmodus, beispielsweise Stand-by-Modus; ein geeigneter anderer Betriebsmodus speziell für flüchtige Halbleiterspeicher wäre unter anderem der Selfrefresh-Modus; allgemein ist hierbei wichtig, daß die Leistungsaufnahme möglichst frequenzunabhängig ist), aber bei einer betragsmäßig unbekannten externen Spannungsversorgung die externe Spannung  $U_{2,\text{ext}}$  gesucht, wird unter den selben Operationsbedingungen (das heißt gleicher Referenz-Betriebsmodus) die Messung wiederholt, wobei man als Parameter  $N_2$  und  $t_2$  gegenüber den Parametern  $N_0$ ,  $t_0$  der vorherigen Messung erhält. Durch Gleichsetzen der Leistungsverbräuche erhält man:

25

30

$$P_0 = \frac{N_0}{t_0} \cdot k = \frac{N_0}{t_0} (U_{0,\text{ext}} \cdot Q_0) = \frac{N_2}{t_2} (U_{2,\text{ext}} \cdot Q_0)$$

$$U_{2,ext} = U_{0,ext} \cdot \frac{N_0}{N_2} \cdot \frac{t_2}{t_0} \quad (3)$$

Ist bei einem beliebigen Betriebsmodus die Leistung  $P_3$  in  
5 Watt gesucht, gilt:

$$P_3 = \frac{N_3}{t_3} \cdot k = \frac{N_3}{t_3} \cdot (U_{2,ext} \cdot Q_0) = \frac{N_3}{t_3} \cdot \left( U_{0,ext} \cdot \frac{N_0}{N_2} \cdot \frac{t_2}{t_0} \cdot Q_0 \right) \quad (4)$$

Die in Einheiten von 1 Watt gemessene Leistung ist gegeben  
10 durch das Verhältnis von  $P_3$  zu  $P_1$

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{N_3}{t_3} \cdot \left( U_{0,ext} \cdot \frac{N_0}{N_2} \cdot \frac{t_2}{t_0} \cdot Q_0 \right) / \frac{N_1}{t_0} \cdot (U_{0,ext} \cdot Q_0) = \frac{N_3}{N_1} \cdot \frac{N_0}{N_2} \cdot \frac{t_2}{t_3} \quad (5)$$

Im Falle gleicher Spannungsversorgung wie im Referenz-  
15 Betriebsmodus ergibt sich zur Bestimmung von  $P_3$  vereinfachend  
aus den vorhergehenden Gleichungen die Beziehung:

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{N_3}{t_3} \cdot (U_{0,ext} \cdot Q_0) / \frac{N_1}{t_0} \cdot (U_{0,ext} \cdot Q_0) = \frac{N_3}{N_1} \cdot \frac{t_0}{t_3} \quad (6)$$

20 Im folgenden wird die Bestimmung der Referenzwerte im Referenz-Betriebsmodus anhand eines Zahlenbeispiels verdeutlicht. Die integrierte Schaltung wird mit einer externen Spannung  $U_{0,ext} = 3,0$  V betrieben. Es wird während des Betriebs ein Strom von  $I_{ext} = 166$  mA gemessen. Der Generator generiert unter diesen Lastbedingungen dabei etwa jede Mikrosekunde einen Ladungspuls, um die interne Spannungsversorgung zu stabilisieren. Ein auf dem Chip angebrachter Oszillator dient als Zeitnormal und hat eine Frequenz von 1 MHz. Die intern zu regelnde Spannung beträgt  $V_{int} = 2,0$  V. In einer Referenzzeit  
25  $t_0$  werden  $10^6$  Ladungspulse konstanter Ladungsmenge gezählt. Der Leistungsverbrauch der integrierten Schaltung beträgt demnach anhand der extern ermittelten Strom- und Spannungs-  
30

werte  $P_0 = U \cdot I = 3,0 \cdot 0,166 \text{ W} = 0,5 \text{ W}$ . Die interne Spannung von  $V_{int} = 2,0 \text{ V}$  wird mit  $10^6$  Ladungspulsen mit einer internen Gesamtstromstärke im Generatornetz von  $250 \text{ mA}$  aufrechterhalten. Jeder Ladungspuls liefert für den Spannungsgenerator  
5 demnach eine Ladungsmenge von  $Q_0 = 250 \text{ pC}$  innerhalb jeder Mikrosekunde.

In Figur 5 ist eine erfindungsgemäße Schaltung zur Bestimmung wenigstens einer elektrischen Kenngröße, insbesondere eines  
10 Spannungs-, Strom- und/oder Leistungswerts, der integrierten Schaltung 1 gezeigt. Eine interne Versorgungsspannung  $V_{int}$  wird durch eine Spannungspumpenschaltung 2 generiert. An dieser liegt die externe Spannung  $U_{0,ext}$  bzw.  $U_{2,ext}$  an. Weiterhin liefert ein Oszillator ein Zeitreferenzsignal in Form des  
15 Taktsignals CK. Die Schaltung nach Figur 5 weist eine erste Erfassungseinheit 5 auf, die zur Erfassung und Zählung von mehreren nacheinander erzeugten Zuständen des als Referenzsignal verwendeten Steuersignals  $U_{st}$  dient. Eine zweite Erfassungseinheit 6 dient zur Erfassung des Zeitreferenzsignals  
20 CK. Die Erfassungseinheiten 5, 6 weisen jeweils Zählerregister  $R_0$  bis  $R_x$  bzw.  $RT_0$  bis  $RT_x$  auf zur Zählung von Signalzustandswechseln des Referenzsignals  $U_{st}$  bzw. Zeitreferenzsignals CK. Die Erfassungseinheit 5 ist über den Multiplexer 4 mit dem Anschluß für das Referenzsignal  $U_{st}$  verbunden, die  
25 Erfassungseinheit 6 ist über den Multiplexer 4 mit dem Anschluß für das Zeitreferenzsignal CK verbunden.

Der Multiplexer 4 wird von dem Betriebsartensignal OM gesteuert. Eine Ausgabeschaltung aufweisend die Multiplexer 7, 8  
30 dient zur Ausgabe eines jeweiligen gespeicherten Zählwerts von Signalzuständen des Referenzsignals  $U_{st}$  und des Zeitreferenzsignals CK zum Zwecke der Bestimmung der gesuchten elektrischen Kenngröße. Über die Setzschaltungen 10, 11 können die jeweiligen Zählerregister mit Werten gesetzt werden. Über  
35 die Steuerschaltung 9 wird der Multiplexer 4 angesteuert, das heißt ausgewählt, welches der Zählerregister aktiviert wird. Weiterhin wird über die Steuerschaltung 9 eingestellt, wann

mit der Messung begonnen wird und wann die Messung angehalten wird.

In Figur 6 ist ein Flußdiagramm zur Eichung der Schaltung gemäß Figur 5 in einem Referenz-Betriebsmodus, beispielsweise einem Stand-by-Modus, gezeigt. Zu Beginn des Referenz-Betriebsmodus zum Zwecke der Eichung der Schaltung gemäß Figur 5 wird die externe Spannung festgelegt. Danach wird der Baustein initialisiert, die Zählerregister R0 und RT0 zurückgesetzt und der Referenz-Betriebsmodus kontinuierlich während der Zählung betrieben. Von der Steuerschaltung 9 gesteuert, wird durch den Multiplexer 4 das Zählerregister R0 zum Zählen von mehreren nacheinander erzeugten Aktiv-Zuständen des Referenzsignals Ust, das heißt zum indirekten Zählen der Ladungspulse der Spannungspumpenschaltung 2 aktiviert. In gleicher Weise wird vom Multiplexer 4 das Zählerregister RT0 zum Zählen von mehreren nacheinander erzeugten Pulsen des Zeitreferenzsignals CK aktiviert. Dabei wird die Zählung gestoppt, wenn die Zeitdauer  $t_0$  erreicht ist. Diese Messung wird n-mal wiederholt, um die Meßgenauigkeit zu erhöhen. Dementsprechend wird die Anzahl  $N_{0,i}$  von Ladungspulsen und die Zeitdauer  $t_{0,i}$  in einer Meßschleife n-mal ermittelt und aus der jeweiligen Summe der Mittelwert  $\overline{N_0, t_0}$  "on-chip" oder extern gebildet. Entsprechend weisen die Register R0 und RT0 jeweilige (nicht dargestellte) Unter-Register R0,i bzw. RT0,i auf zur Speicherung der jeweiligen Anzahl  $N_{0,i}$  von Ladungspulsen und der Zeitdauer  $t_{0,i}$ . Unter Umständen können zur Mittelung, die intern oder extern erfolgen kann, die übrigen Register RTi und Ri verwendet werden.

Nach der oben beschriebenen Eichung der Spannungspumpenschaltung werden die Werte  $\overline{N_0, t_0}$  sowie  $N_1$  in den Baustein fest einprogrammiert, wozu die Erfassungseinheiten 5, 6 jeweils nicht flüchtige Speicherelemente F etwa in Form von sogenannten elektrischen Fuses aufweisen, die dauerhaft programmierbar sind. Bei Verwendung von elektrischen Fuses kann die Pro-

grammierung auch im geschlossenen Baustein erfolgen, bei Verwendung von Laser-Fuses kann eine Programmierung auf Wafer-Ebene erfolgen. Die ermittelten Werte  $N_0, t_0$  sind fortan als Ladepulsreferenz bzw. Zeitreferenz gespeichert und für weitere Messungen verwendbar. Dieser Wert kann innerhalb der Lebensdauer eines Halbleiterbauelements als Alterungsindikator verwendet werden, da üblicherweise aufgrund der Alterung die Strom- und Leistungswerte merklich ansteigen.

10 Im folgenden ein Zahlenbeispiel zur Eichung: In dem Referenz-Betriebsmodus wird bei definiert angelegter externer Spannung (zum Beispiel 3,0 V) unter aktiver interner Spannungsregulierung die externe Stromstärke  $I_{ext}$  gemessen. Vor dem Beginn der externen Strom- und Spannungsmessung wird ein Testmodus  
15 aktiviert, in dem, gesteuert vom Zeitnormal-Oszillator 3, innerhalb einer definierten Zeitdauer  $t_0$  die Ladungspulse gezählt werden. Die Zeitdauer  $t_0$  beträgt beispielsweise 1024 Mal der Periodendauer des Zeitreferenzsignals CK. Nach Ablauf der externen Strom- und Spannungsmessung und Beenden der Ladungspulszählung wird die Anzahl der gemessenen Ladungspulse  
20  $N_0$  ausgelesen und auf eine Ladungspulsanzahl  $N_1$  skaliert, die einem Leistungsverbrauch von 1 Watt in der Messdauer von 1024 Zeitnormal-Pulsen bei einer externen Spannung  $U_{0,ext}$  von 3,0 V im Referenz-Betriebsmodus entspräche. Gemäß dem obigen Zahlenbeispiel werden nach 1024 ms demnach 1024 Millionen Ladepulse gemessen, die einen Stromverbrauch von 250 mA aufrechterhalten. Da diese Pulsanzahl  $N_0$  einer Leistung  $P = 0,5 \text{ W}$  entspricht, wird zur Eichung der Ladungspumpe die Pulsanzahl von 2048 Millionen Ladungspulsen als  $N_1$  in das entsprechende  
25 Zählerregister R1 fest eingeschrieben.  
30

In Figur 7 ist ein Flußdiagramm zur Bestimmung einer externen Spannung einer integrierten Schaltung mit Hilfe der Schaltung gemäß Figur 5 gezeigt. Zu Beginn der Messung wird zunächst  
35 das entsprechende Zählerregister  $R_n$ ,  $RT_n$ , das zur Spannungsmessung verwendet werden soll, rückgesetzt. Danach wird das



Register  $R_n$ ,  $RT_n$  zunächst angehalten und für die nachfolgend durchzuführende Zählung in Bereitschaft gehalten. Danach wird der Betrieb der integrierten Schaltung gestartet. Wenn dabei der Betriebsmodus, in dem sich die integrierte Schaltung befindet, dem Referenz-Betriebsmodus entspricht, wird die Pulszählung gestartet, das heißt es wird eine erste Anzahl  $N_2$  von Ladungspulsen in diesem Betriebsmodus ermittelt, sowie eine erste Zeitdauer  $t_2$  erfaßt, innerhalb deren die erste Anzahl von Ladungspulsen  $N_2$  in diesem Betriebsmodus ermittelt wird. Sobald die integrierte Schaltung den Referenz-Betriebsmodus verläßt, wird die Pulszählung angehalten. Mit Hilfe der Gleichung (3) wird anhand von Ladepulsreferenz  $N_0$ , Zeitreferenz  $t_0$ , der ersten Zeitdauer  $t_2$ , der ersten Anzahl von Ladungspulsen  $N_2$  und anhand der aus dem Referenz-Betriebsmodus bekannten externen Referenzspannung  $U_{0,ext}$  eine in diesem Betriebsmodus an die integrierte Schaltung angelegte externe Spannung  $U_{2,ext}$  ermittelt. Dazu werden die entsprechenden Zählerregister  $R_n$ ,  $RT_n$  ausgelesen. Wie beschrieben, wird im Falle eines Betriebsmoduswechsels die Zählung bezüglich der Ladungspulse gestoppt und wieder fortgesetzt, wenn der Betriebsmodus wieder dem Referenz-Betriebsmodus entspricht.

In Figur 8 ist ein Flußdiagramm zur Bestimmung einer aufgenommenen Leistung einer integrierten Schaltung mit Hilfe der Schaltung nach Figur 5 dargestellt. Analog zur vorhergehend beschriebenen Spannungsmessung wird zunächst das entsprechende Register  $R_m$ ,  $RT_m$ , das für die Leistungsmessung herangezogen wird, rückgesetzt, angehalten und in Bereitschaft versetzt. Danach wird der Betrieb der zu messenden integrierten Schaltung gestartet. Gemäß Figur 8 kann eine von der integrierten Schaltung aufgenommene Leistung bzw. ein aufgenommener Strom jeweils für mehrere unterschiedliche Betriebsmodi ermittelt werden. Dementsprechend werden zur Erfassung der jeweils benötigten Werte unterschiedliche Zählerregister verwendet, wobei wenigstens ein Zählerregister einem der Betriebsmodi fest zugeordnet ist und in diesem Betriebsmodus zur Erfassung des jeweiligen Wertes aktiviert wird. Beispiel-

haft wird in einem zweiten Betriebsmodus (Betriebsmodus 1) eine zweite Anzahl  $N_3$  von Ladungspulsen ermittelt, außerdem wird eine zweite Zeitdauer  $t_3$  erfaßt, innerhalb deren die zweite Anzahl  $N_3$  von Ladungspulsen im zweiten Betriebsmodus ermittelt wird. Gemäß der Gleichung (5) wird anhand der Ladepulsreferenz  $N_0$ , der ersten Zeitdauer  $t_2$ , der ersten Anzahl  $N_2$  von Ladungspulsen, der zweiten Zeitdauer  $t_3$  und der zweiten Anzahl  $N_3$  von Ladungspulsen die im zweiten Betriebsmodus von der integrierten Schaltung aufgenommene Leistung  $P_3$  oder ein entsprechender aufgenommener Strom ermittelt. Dazu werden, je nach auszuwertendem Betriebsmodus, die jeweils zugeordneten Zählerregister für die Ladungsimpulse und Zeitpulse ausgelesen.

Gemäß Figur 8 wird eine quasi parallele Messung für mehrere Betriebsmodi durchgeführt, wobei, je nach aktuellem Betriebsmodus, der Zählerstand des jeweils zugeordneten Zählerregisters erhöht wird (ausgedrückt durch beispielsweise  $N_{3(1)}++1$ ,  $t_{3(1)}++1$ ). Beispielsweise wird im Betriebsmodus 2 der Zählerstand  $N_{3(2)}$  bzw.  $t_{3(2)}$  erhöht, wenn sich die Schaltung in dem entsprechenden Betriebsmodus befindet.

Die Messung gemäß Figur 8 kann vereinfacht werden, wenn in dem Betriebsmodus, in dem die Leistung gemessen werden soll, eine zum Referenz-Betriebsmodus gleiche externe Spannungsversorgung anliegt. Gemäß Gleichung (6) wird die Leistung  $P_3$  anhand von Ladepulsreferenz  $N_0$ ,  $N_1$ , Zeitreferenz  $t_0$ , der zweiten Zeitdauer  $t_3$  und der zweiten Anzahl  $N_3$  von Ladungspulsen ermittelt.

In Figur 9 ist ein Flußdiagramm zur Bestimmung eines aufgenommenen Stroms einer integrierten Schaltung gezeigt. Hierbei kann die Strommessung auf drei unterschiedliche Arten erfolgen. Zum Zwecke einer sehr genauen Messung wird immer zuerst eine Spannungsmessung durchgeführt, danach eine Leistungsmessung, woraus sich der aufgenommene Strom errechnen läßt. Für den Fall, daß eine weniger genaue Messung notwendig ist, wird

die Leistungsmessung sofort durchgeführt, wobei die Spannungsmessung (gemäß einem Ablauf nach Figur 7) in die Leistungsmessung integriert ist. Das bedeutet, jedes Mal, wenn die integrierte Schaltung in einem Referenz-Betriebsmodus  
5 sich befindet, wird eine Spannungsmessung durchgeführt, ansonsten wird auf Basis bisheriger Spannungswerte mit der Leistungsmessung fortgefahren. Für den Fall, daß sich die extern angelegte Spannung nur vergleichsweise geringfügig ändert, wird eine Spannungsmessung mit Initialisierung der integrier-  
10 ten Schaltung durchgeführt, danach erfolgt fortlaufend eine Leistungsmessung.

Da die Betriebsspannung im Gegensatz zum Betriebsstrom nicht vom Betriebsmodus des Bausteins abhängt, reicht es aus, beide  
15 Messungen nacheinander auszuführen, wenn eine Leistungs- bzw. Stromstärkebestimmung unter unbekannten Betriebsbedingungen durchgeführt werden soll. Somit ist man in der Lage, auch in der Applikation unter unbekannten Betriebsbedingungen die elektrischen Parameter zu ermitteln.

20 Falls zusätzliche Spannungsquellen den Leistungsverbrauch der integrierten Schaltung bestimmen, müssen diese Strompfade über einen Testmode abgeschaltet werden, so daß nur der Spannungsgenerator für die Gesamtstromversorgung maßgeblich ist,  
25 dessen Ladungspulse registriert werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung können zwei Meßschaltungen parallel die Stromstärke und die Spannung während des Betriebs bestimmen. Beide Meßschaltungen müssen auf  
30 die gleiche beschriebene Art geeicht werden. Während die erste Schaltung, wie oben dargelegt, die Stromstärke mißt, mißt die zweite Meßschaltung nur dann die Ladungspulse, wenn sich der Baustein in dem gewünschten Betriebsmodus befindet, in dem auch die Leistungseichung vorgenommen worden ist. Da sich  
35 der Baustein in der Applikation aufgrund der Initialisierung während der Power-up-Phase kurzzeitig im Stand-by-Modus oder Selfrefresh-Modus befindet, kann bei der Initialisierung au-

tomatisch eine Standard-Spannungsmessung sowie Leistungsmessung während der Initialisierung durchgeführt werden.

5 Mit der Erfindung ist es ermöglicht, einen Baustein, auf dem die erfindungsgemäße Schaltung zur Bestimmung von elektrischen Kenngrößen integriert ist, als aktive "Probe" zum Protokollieren der externen Spannungsversorgungs-Betriebsbedingungen zu verwenden. Hierdurch können Fehlfunktionen in der Spannungsversorgung protokolliert werden, wobei der Span-

10 nungsbetriebszustand zusammen mit dem Fehlerbild erfaßt werden kann.

Im Betrieb der integrierten Schaltung in der Applikation kann man über zu definierende Pins bei aktivierter Betriebsmon-

15 itorfunktion die bestimmten elektrischen Betriebsparameter ständig abfragen. Dabei ist von besonderem Vorteil der vorliegenden Erfindung, daß über die Abfrage des Ladungspuls-Zählerstandes ein Spannungsgenerator-Problem, auch in Generator-Teilnetzen, rasch erkannt werden kann, was sonst übli-

20 cherweise nur durch Öffnen des Bausteins und sogenannten Pikoproben am Baustein möglich ist.

Eine Alterung des Bausteins, erkennbar an dem zu hohen Referenzstromverbrauch verglichen mit dem Referenzstromverbrauch

25 zum Zeitpunkt der Fertigung, kann nach Jahren des Betriebs erkannt werden, wenn im Referenz-Betriebsmodus nachgemessen wird.

## Patentansprüche

1. Schaltung zur Bestimmung wenigstens einer elektrischen Kenngröße, insbesondere eines Spannungs-, Strom- und/oder Leistungswerts, einer integrierten Schaltung (1) in deren Betrieb,
- mit einer ersten Erfassungseinheit (5) zur Erfassung und Zählung von mehreren nacheinander erzeugten Zuständen eines Referenzsignals (Ust) zur Erzeugung einer Ausgangsspannung (Vint) einer Spannungsgeneratorschaltung (2) der integrierten Schaltung,
  - mit einer zweiten Erfassungseinheit (6) zur Erfassung eines Zeitreferenzsignals (CK),
  - mit einer mit den Erfassungseinheiten (5, 6) verbundenen Ausgabeschaltung (7, 8) zur Ausgabe eines Zählwerts ( $N_0$  bis  $N_x$ ,  $t_0$  bis  $t_x$ ) von Signalzuständen des Referenzsignals und des Zeitreferenzsignals zum Zwecke der Bestimmung der elektrischen Kenngröße.
2. Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und zweite Erfassungseinheit (5, 6) jeweils ein Zählerregister ( $R_0$  bis  $R_x$ ;  $RT_0$  bis  $RT_x$ ) aufweisen zur Zählung von Signalzustandswechseln des Referenzsignals bzw. Zeitreferenzsignals.
3. Schaltung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß
- die erste Erfassungseinheit (5) mehrere Zählerregister ( $R_0$  bis  $R_x$ ) aufweist zur jeweiligen Zählung und Speicherung von Zuständen des Referenzsignals (Ust) unterschiedlicher Betriebszustände der integrierten Schaltung,
  - die zweite Erfassungseinheit (6) mehrere Zählerregister ( $RT_0$  bis  $RT_x$ ) aufweist zur jeweiligen Zählung und Speicherung von Zuständen des Zeitreferenzsignals (CK) unterschiedlicher Betriebszustände der integrierten Schaltung,

- die erste Erfassungseinheit (5) mit einem Anschluß für das Referenzsignal (Ust) und die zweite Erfassungseinheit (6) mit einem Anschluß für das Zeitreferenzsignal (CK) jeweils über einen Multiplexer (4) verbunden sind, der von einem Betriebsartensignal (OM) gesteuert wird.

4. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und zweite Erfassungseinheit (5, 6) zur Speicherung eines festen Werts jeweils nicht flüchtige Speicherelemente (F) aufweisen, die dauerhaft programmierbar sind.

5. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Erfassungseinheit (5) mit einem Anschluß für ein Steuersignal (Ust) zur Ladungspulserzeugung einer Spannungspumpenschaltung (2) verbunden ist.

6. Verfahren zur Bestimmung wenigstens einer elektrischen Kenngröße, insbesondere eines Spannungs-, Strom- und/oder Leistungswerts, einer integrierten Schaltung (1) in deren Betrieb,

- bei dem mehrere nacheinander erzeugte Zustände eines Referenzsignals (Ust) zur Erzeugung einer Ausgangsspannung (Vint) einer Spannungsgeneratorschaltung (2) der integrierten Schaltung erfaßt, gezählt und deren Anzahl ( $N_0$  bis  $N_x$ ) gespeichert werden,

- bei dem eine Zeitdauer ( $t_0$  bis  $t_x$ ) erfaßt wird, innerhalb deren die Zustände des Referenzsignals erfaßt werden,

- bei dem anhand der Anzahl ( $N_0$  bis  $N_x$ ) der nacheinander erfaßten Zustände des Referenzsignals und anhand der Zeitdauer ( $t_0$  bis  $t_x$ ) wenigstens eine elektrische Kenngröße, insbesondere ein Spannungs-, Strom- und/oder Leistungswert der integrierten Schaltung, berechnet wird.

35

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß

mehrere nacheinander erzeugte Zustände eines Steuersignals (Ust) zur Erzeugung von Ladungspulsen einer Spannungspumpenschaltung (2) der integrierten Schaltung erfaßt und gezählt werden und deren Anzahl ( $N_0$  bis  $N_x$ ) gespeichert wird, die einer Anzahl von erzeugten Ladungspulsen entspricht.

8. Verfahren nach Anspruch 7,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
in einem Referenz-Betriebsmodus bei einer betragsmäßig bekannten externen Spannungsversorgung:  
- eine Anzahl ( $N_0$ ) von Ladungspulsen ermittelt wird, die fortan als Ladepulsreferenz gespeichert wird,  
- eine Zeitdauer ( $t_0$ ) erfaßt wird, innerhalb deren die Anzahl der Ladungspulse ermittelt wird, die fortan als Zeitreferenz gespeichert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die Anzahl ( $N_{0,i}$ ) von Ladungspulsen und die Zeitdauer ( $t_{0,i}$ ) in einer Meßschleife n-mal ermittelt werden und aus deren jeweiliger Summe ein Mittelwert ( $\overline{N_0}$ ,  $\overline{t_0}$ ) gebildet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
in einem ersten Betriebsmodus, der dem Referenz-Betriebsmodus entspricht, bei einer betragsmäßig unbekannten externen Spannungsversorgung:  
- eine erste Anzahl ( $N_2$ ) von Ladungspulsen im ersten Betriebsmodus ermittelt wird,  
- eine erste Zeitdauer ( $t_2$ ) erfaßt wird, innerhalb deren die erste Anzahl der Ladungspulse im ersten Betriebsmodus ermittelt wird,  
- anhand von Ladepulsreferenz ( $N_0$ ), Zeitreferenz ( $t_0$ ), der ersten Zeitdauer ( $t_2$ ), der ersten Anzahl ( $N_2$ ) von Ladungspulsen und einer aus dem Referenz-Betriebsmodus bekannten externen Referenzspannung ( $U_{0,ext}$ ) eine im ersten Betriebsmodus an

die integrierte Schaltung angelegte externe Spannung ( $U_{2,ext}$ ) ermittelt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
im Falle eines Betriebsmoduswechsels die Zählung bezüglich  
der Ladungspulse gestoppt und wieder fortgesetzt wird, wenn  
der Betriebsmodus wieder dem Referenz-Betriebsmodus ent-  
spricht.

10

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
in einem zweiten Betriebsmodus:

- eine zweite Anzahl ( $N_3$ ) von Ladungspulsen im zweiten Be-  
15 tribsmodus ermittelt wird,  
- eine zweite Zeitdauer ( $t_3$ ) erfaßt wird, innerhalb deren die  
zweite Anzahl der Ladungspulse im zweiten Betriebsmodus er-  
mittelt wird,  
- anhand der Ladepulsreferenz ( $N_0$ ), der ersten Zeitdauer  
20 ( $t_2$ ), der ersten Anzahl ( $N_2$ ) von Ladungspulsen, der zweiten  
Zeitdauer ( $t_3$ ) und der zweiten Anzahl ( $N_3$ ) von Ladungspulsen  
eine im zweiten Betriebsmodus von der integrierten Schaltung  
aufgenommene Leistung ( $P_3$ ) oder ein aufgenommener Strom er-  
mittelt wird.

25

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
in einem zweiten Betriebsmodus bei einer zum Referenz-  
Betriebsmodus gleichen externen Spannungsversorgung:

30 - eine zweite Anzahl ( $N_3$ ) von Ladungspulsen im zweiten Be-  
triebsmodus ermittelt wird,  
- eine zweite Zeitdauer ( $t_3$ ) erfaßt wird, innerhalb deren die  
zweite Anzahl der Ladungspulse im zweiten Betriebsmodus er-  
mittelt wird,  
35 - anhand von Ladepulsreferenz ( $N_0$ ,  $N_1$ ), Zeitreferenz ( $t_0$ ), der  
zweiten Zeitdauer ( $t_3$ ) und der zweiten Anzahl ( $N_3$ ) von La-  
dungspulsen eine im zweiten Betriebsmodus von der integrier-



ten Schaltung aufgenommene Leistung ( $P_3$ ) oder ein aufgenommener Strom ermittelt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß

- eine von der integrierten Schaltung aufgenommene Leistung oder ein aufgenommener Strom jeweils für mehrere unterschiedliche Betriebsmodi ermittelt wird,

10 - zur Erfassung der jeweils benötigten Werte ( $N_{3(1)}$  bis  $N_{3(x)}$ ,  $t_{3(1)}$  bis  $t_{3(x)}$ ) unterschiedliche Zählerregister verwendet werden, wobei wenigstens ein Zählerregister einem der Betriebsmodi fest zugeordnet ist und in diesem Betriebsmodus zur Erfassung des jeweiligen Werts aktiviert wird.

## Zusammenfassung

Schaltung und Verfahren zur Bestimmung wenigstens einer elektrischen Kenngröße einer integrierten Schaltung

5

Die Erfindung betrifft eine Schaltung und ein Verfahren zur Bestimmung wenigstens einer elektrischen Kenngröße einer integrierten Schaltung (1) in deren Betrieb. Mehrere nacheinander erzeugte Zustände eines Referenzsignals ( $U_{st}$ ) zur Erzeugung einer Ausgangsspannung ( $V_{int}$ ) einer Spannungsgeneratorschaltung (2) der integrierten Schaltung werden in einer ersten Erfassungseinheit (5) erfaßt, gezählt und deren Anzahl ( $N_0$  bis  $N_x$ ) gespeichert. Weiterhin wird eine Zeitdauer ( $t_0$  bis  $t_x$ ), innerhalb deren die Zustände des Referenzsignals erfaßt werden, in einer zweiten Erfassungseinheit (6) erfaßt. Die Zählwerte werden über eine Ausgabeschaltung (7, 8) zum Zwecke der Bestimmung der elektrischen Kenngröße ausgegeben. Anhand der Anzahl ( $N_0$  bis  $N_x$ ) der nacheinander erfaßten Zustände des Referenzsignals und anhand der Zeitdauer ( $t_0$  bis  $t_x$ ) wird wenigstens eine elektrische Kenngröße, insbesondere ein Spannungs-, Strom- und/oder Leistungswert der integrierten Schaltung, berechnet. Mit der Erfindung wird ermöglicht, daß genaue Werte bezüglich eines Betriebs der integrierten Schaltung in der Applikation mit vergleichsweise geringem Aufwand gewonnen werden können.

Figur 5

## Bezugszeichenliste

	1	integrierte Schaltung
	2	Spannungspumpenschaltung
5	3	Oszillator
	4	Multiplexer
	5	Erfassungseinheit
	6	Erfassungseinheit
	7	Multiplexer
10	8	Multiplexer
	9	Steuerschaltung
	10	Setzschaltung
	11	Setzschaltung
	OM	Betriebsartensignal
15	CK	Zeitreferenzsignal
	Ust	Referenzsignal
	R0 bis Rx	Zählerregister
	Rn, Rm	Zählerregister
	RT0 bis RTx	Zählerregister
20	RTn, RTm	Zählerregister
	N <sub>0</sub> bis N <sub>x</sub>	Anzahl Ladungspulse
	t <sub>0</sub> bis t <sub>x</sub>	Zeitdauer
	$\overline{N_0}$ bis $\overline{N_x}$	Mittelwert
	$\overline{t_0}$ bis $\overline{t_x}$	Mittelwert
25	U <sub>0,ext</sub>	externe Spannung
	U <sub>2,ext</sub>	externe Spannung
	V <sub>int</sub>	interne Versorgungsspannung
	V <sub>ref</sub>	interne Referenzspannung
	I <sub>ref</sub>	interner Referenzstrom
30	VDD, VDDQ	Versorgungsspannung
	P	Leistung
	t	Zeit
	RD	Lesezyklus
	WR	Schreibzyklus
35	IDD, IDDQ	Strom
	$\overline{V}$	Spannungsmittelwert

	GND	Masseanschluß
	T1 bis T3	Zeit
	T	Pulsdauer
	$\bar{I}$	Strommittelwert
5	C1, C2	Kondensator
	RL	Verbraucher

Fig. 1

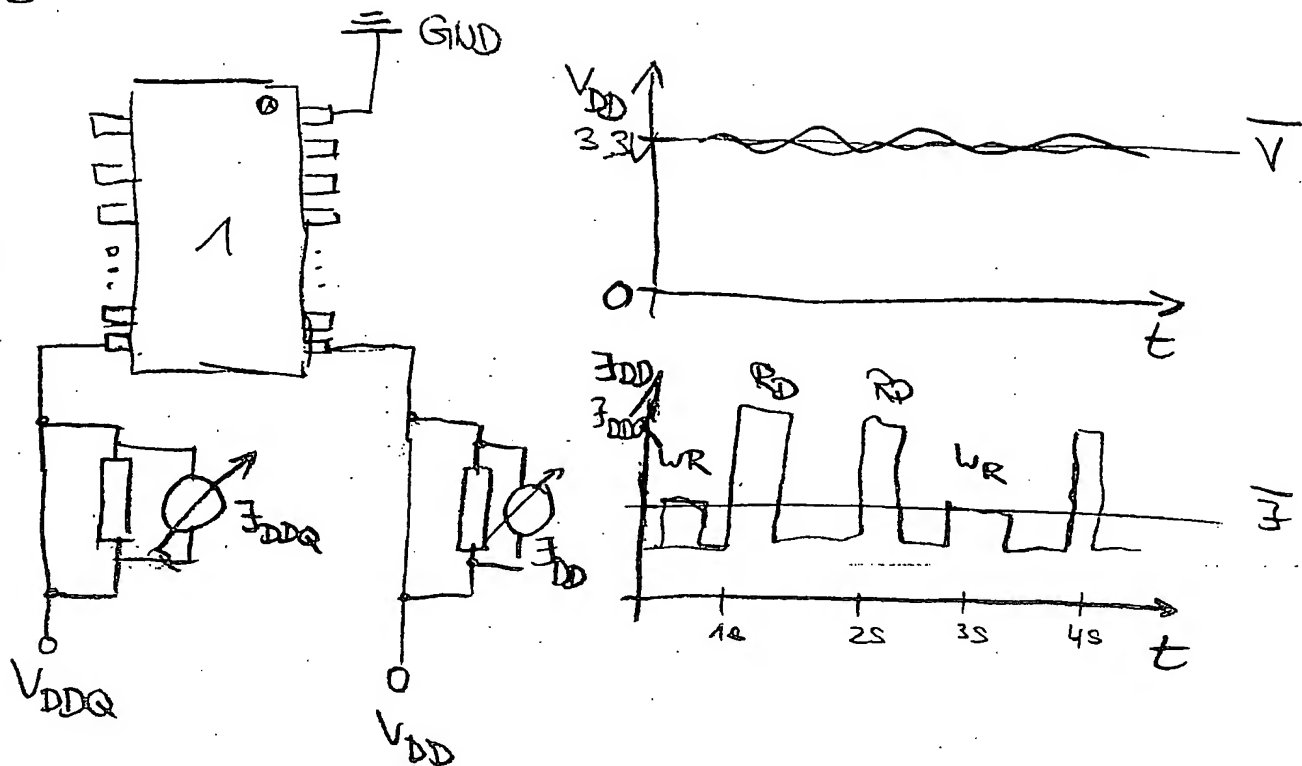
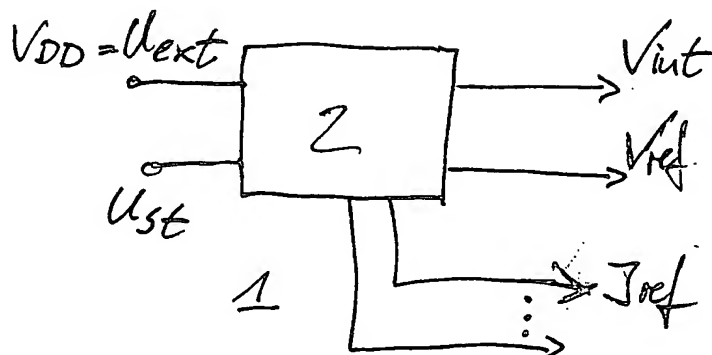
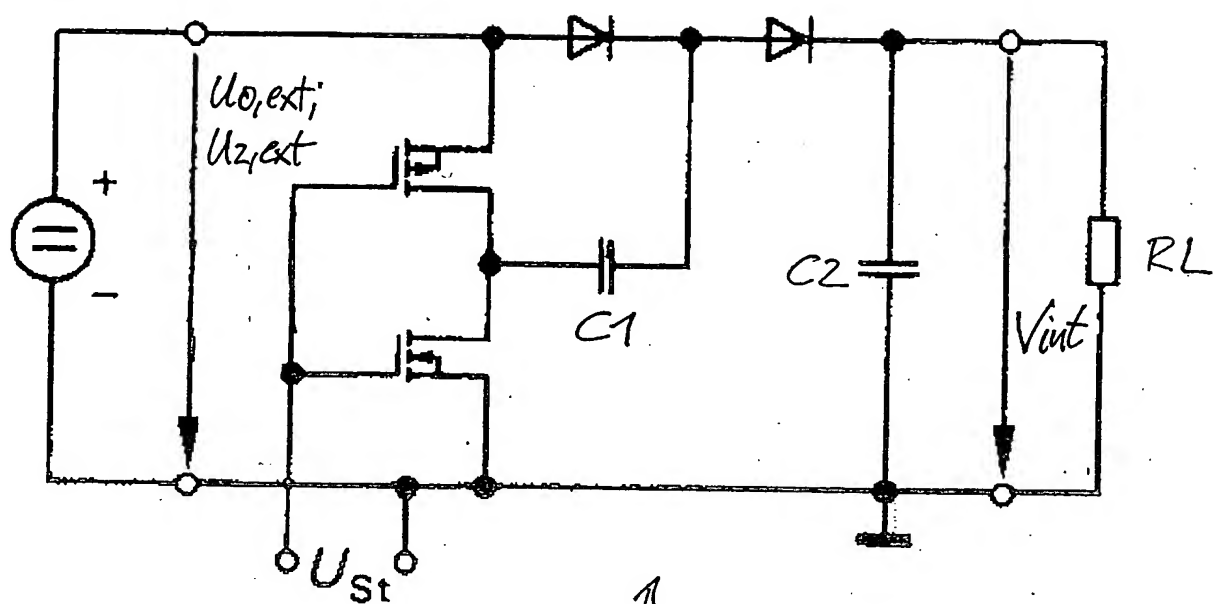


Fig. 2

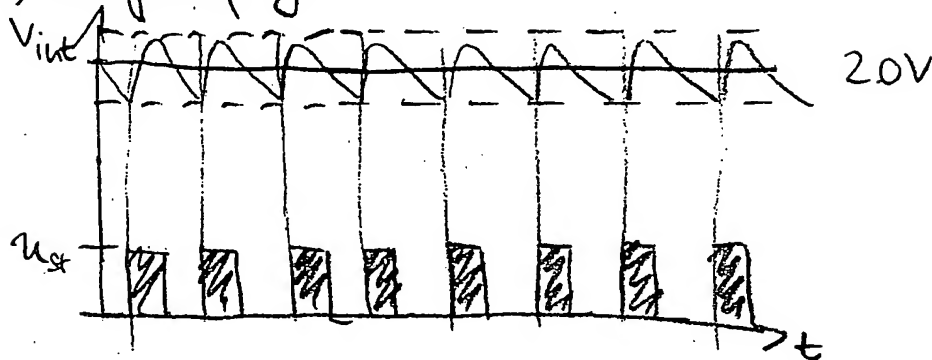


2/8

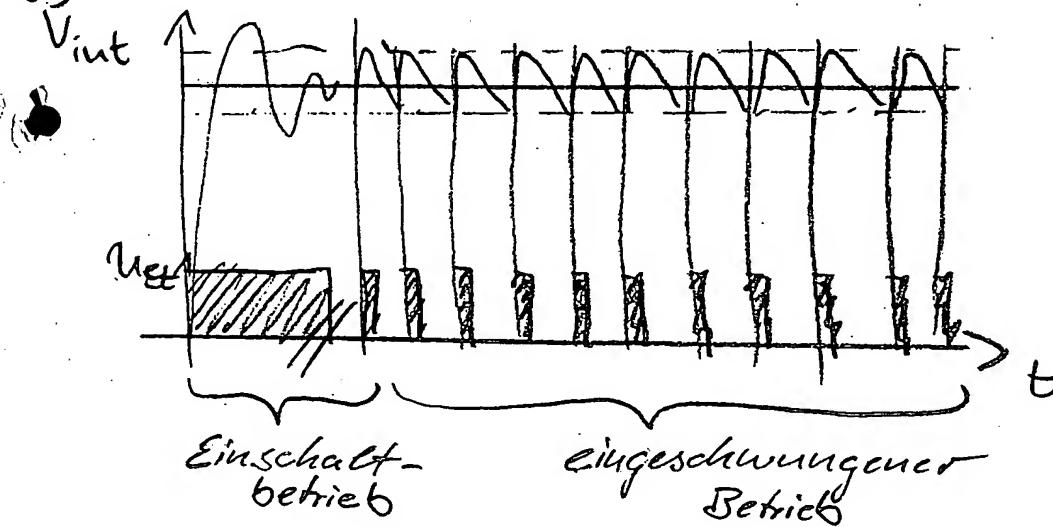
Fig. 3



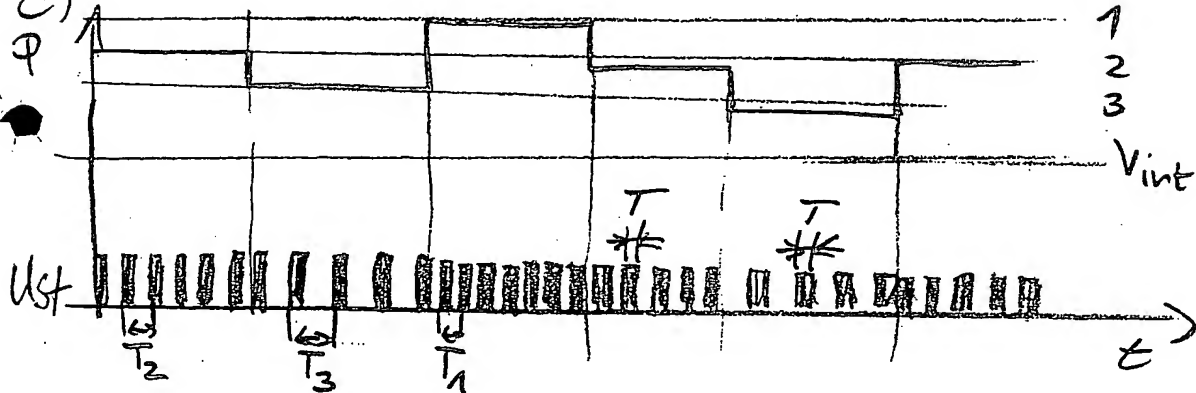
2

Fig. 4:a) Ladepulsfolge bei  $P = \text{const}$ 

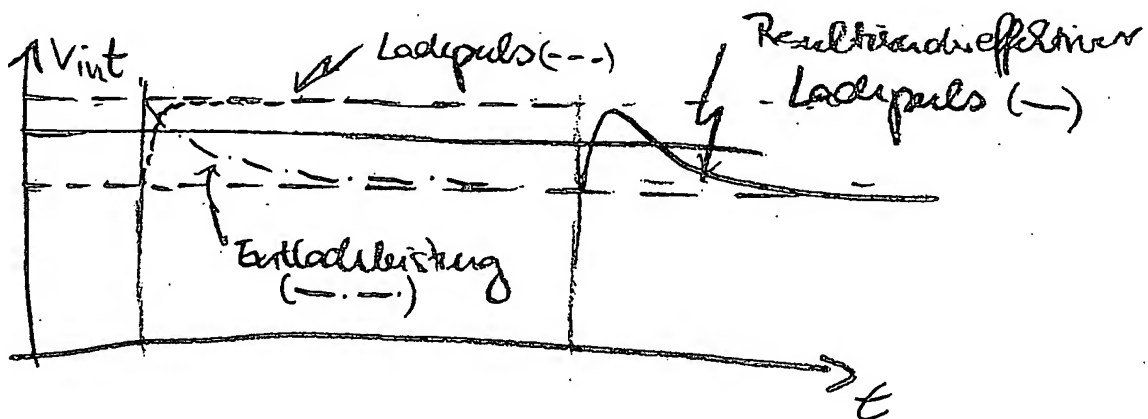
b)



c)



d)



4/8

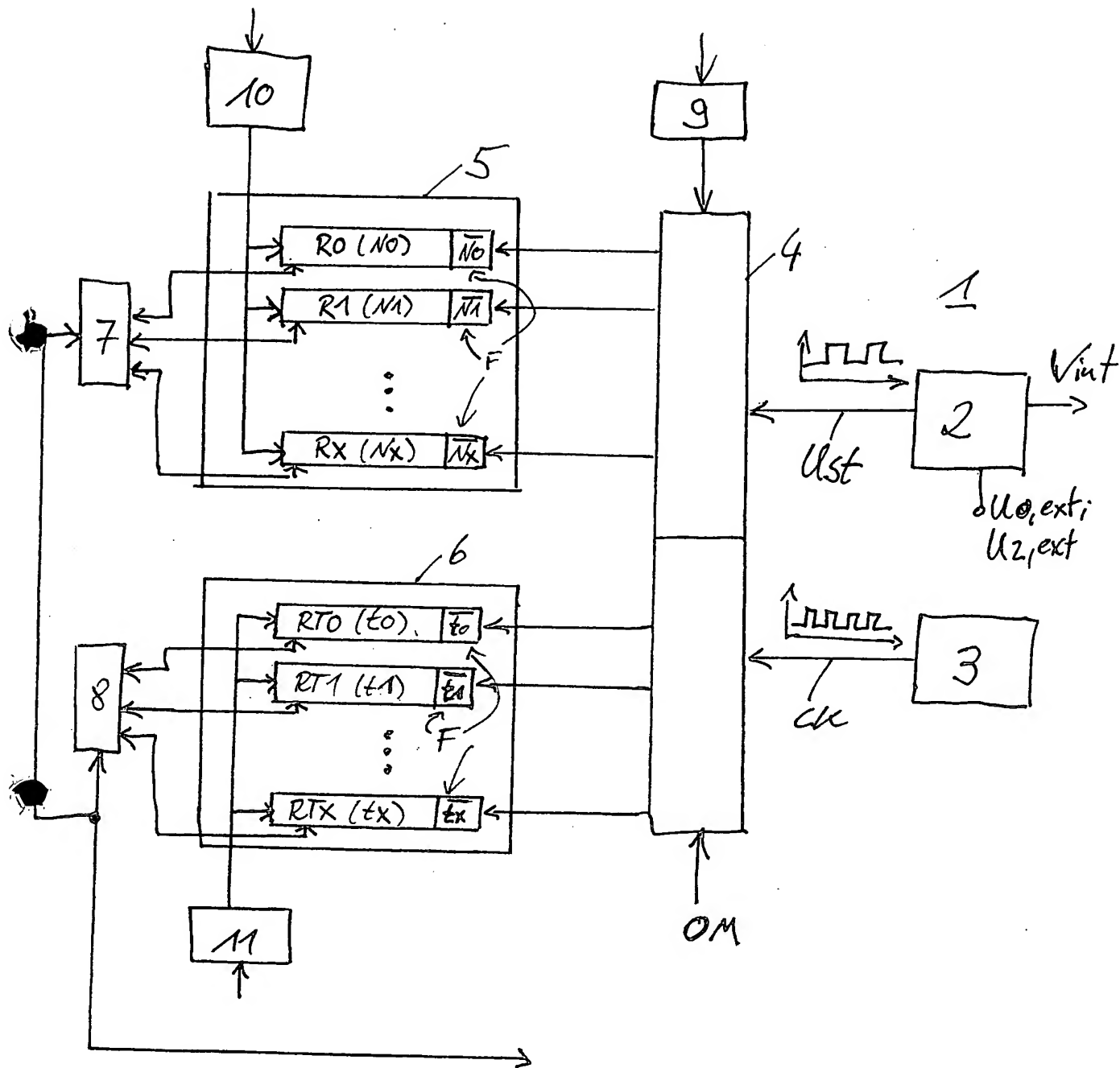
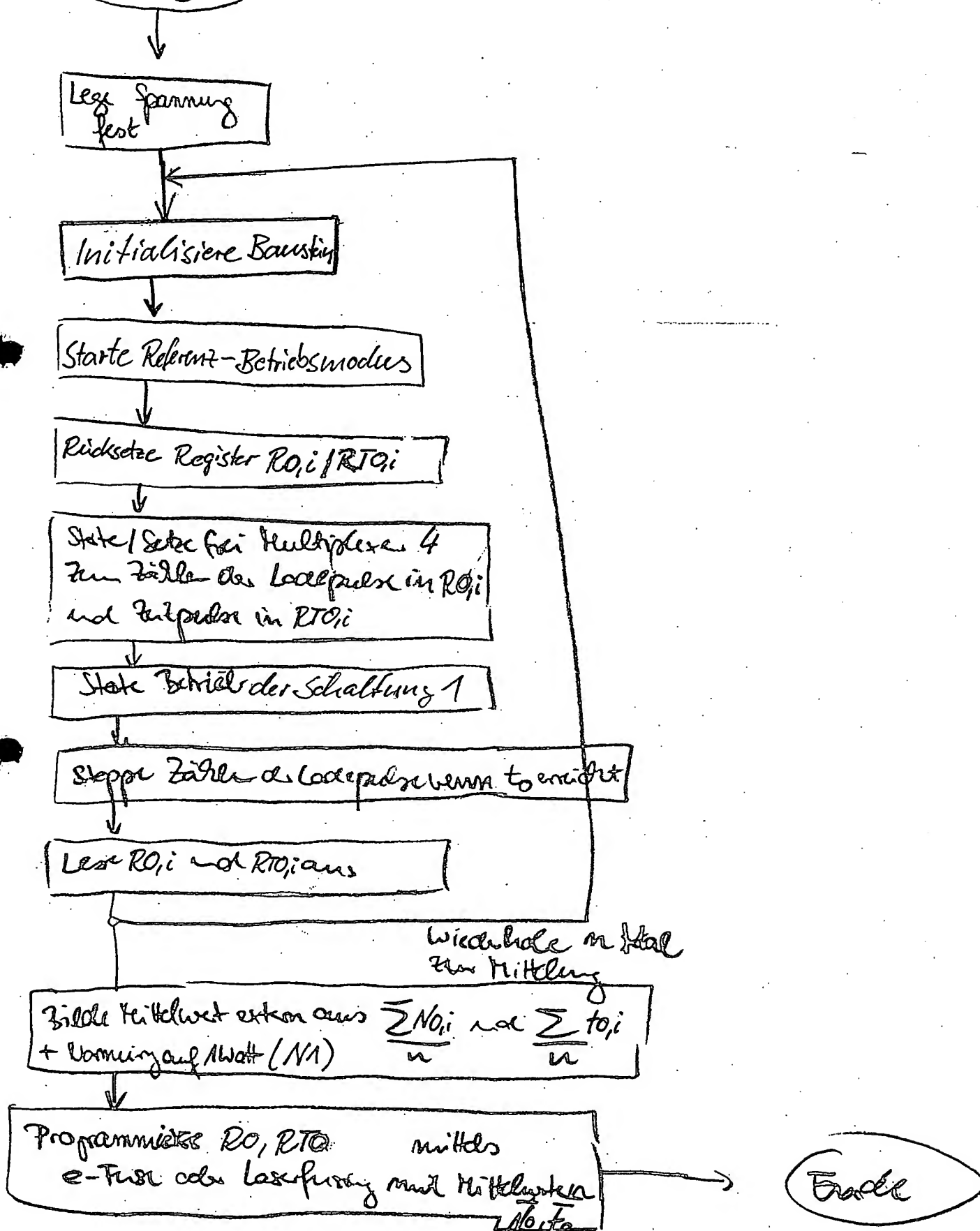


Fig. 5



## Referenz-Betriebsmodus

Eidung:



6/8

Fig. 7

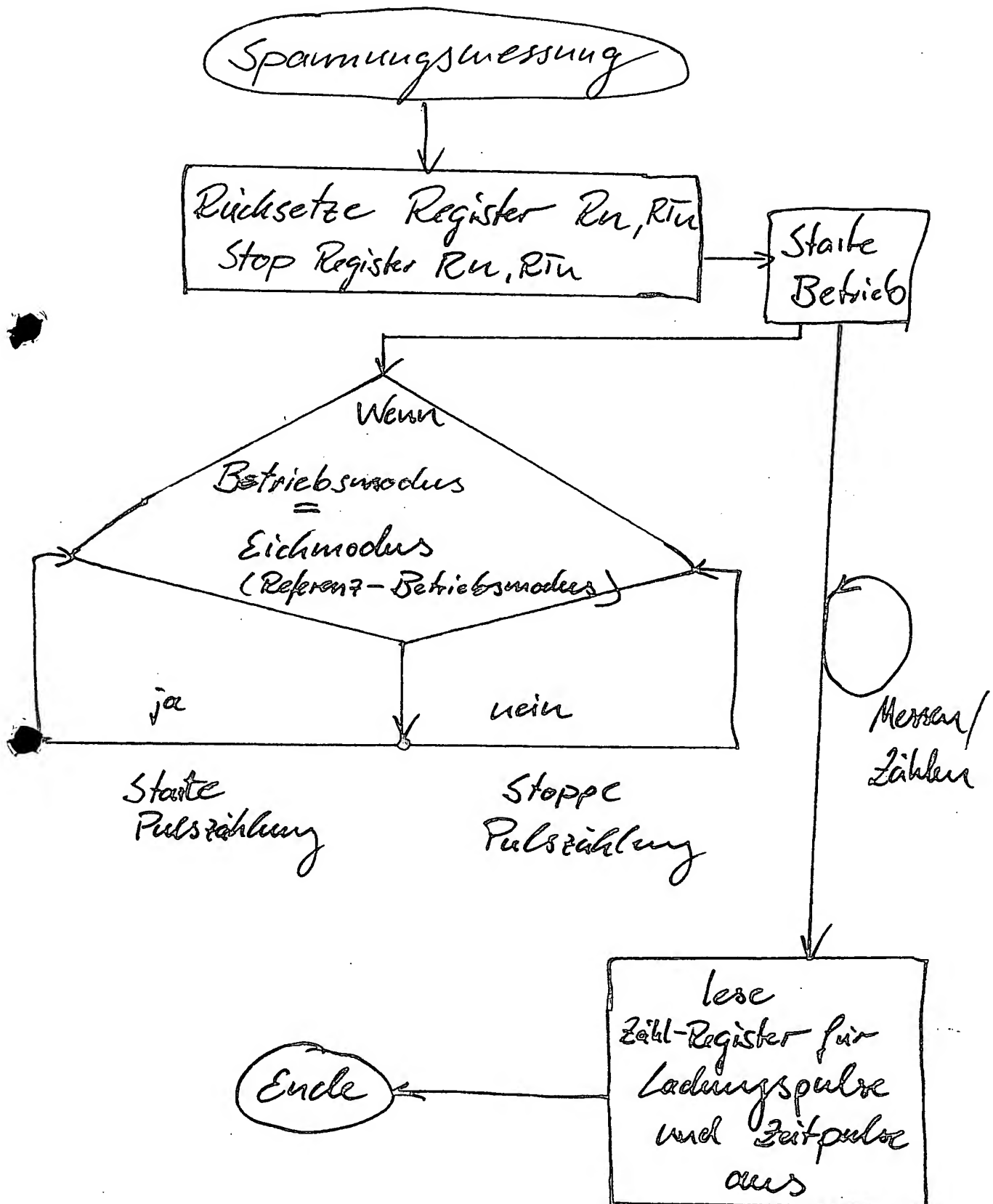


Fig. 8

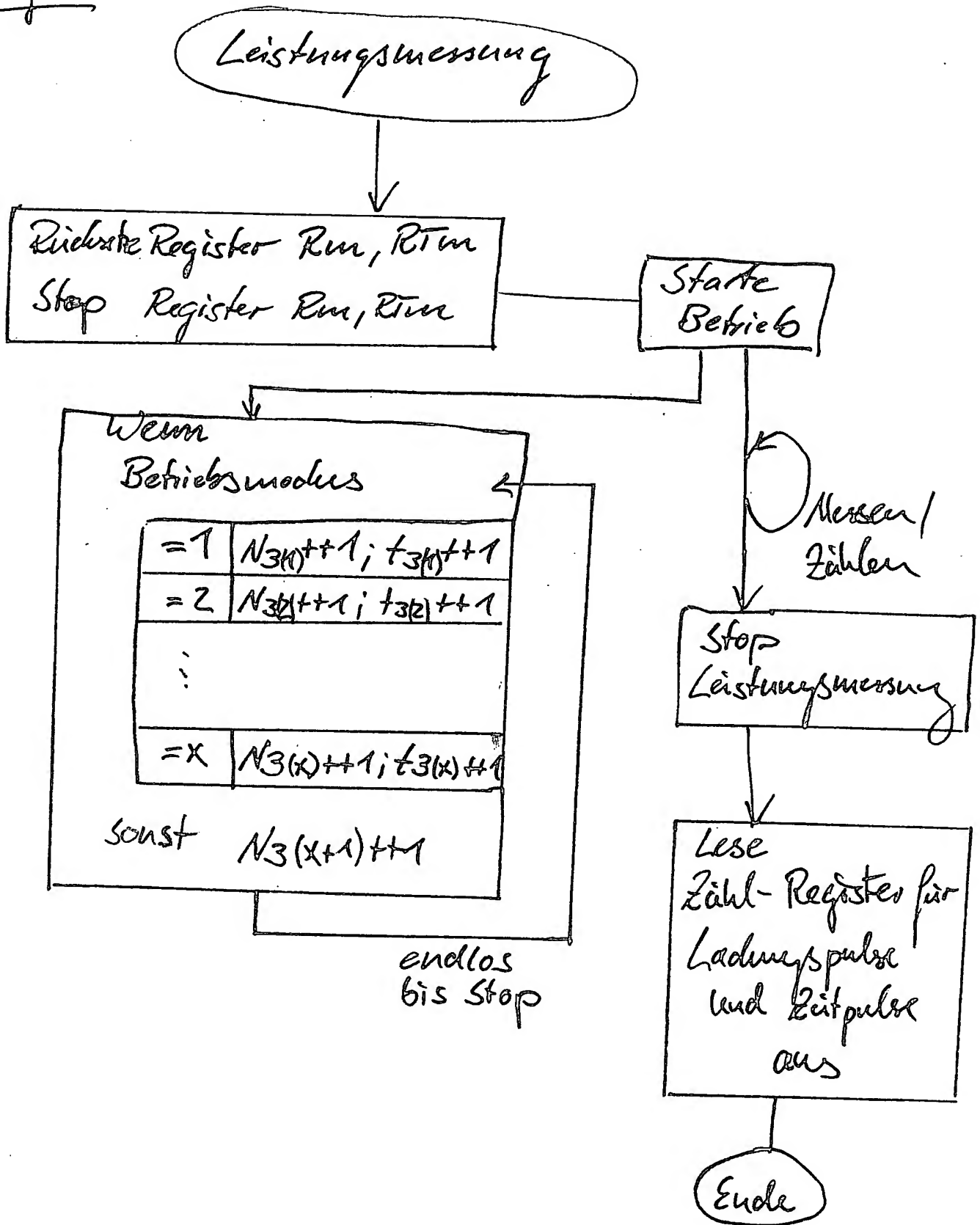


Fig. 9

